Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
"Оренбургский государственный университет"
Кафедра технической эксплуатации и ремонта автомобилей

Пузаков А. В.

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

Методические указания

Рекомендовано к изданию редакционно–издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Оренбургский государственный университет" для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлению подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно–технологических машин и комплексов и специальности 23.05.01 Наземные транспортно–технологические средства

Оренбург 2018

УДК 629.33(075.8)
ББК 39.33–04я73
П 88

Пузаков А. В.

Рецензент – доцент, кандидат технических наук Р. Х. Хасанов

Оценка технического состояния автомобильных генераторов, методические указания, А. В. Пузаков. Оренбургский государственный университет, Оренбург. ОГУ, 2018.

Методические указания по выполнению лабораторной работы содержат порядок проведения оценки работоспособности автомобильного генератора в режимах холостого хода и частичной нагрузки, а также оценки работоспособности регулятора напряжения. Методические указания предназначены для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлению подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно–технологических машин и комплексов при изучении дисциплины "Электротехника и электрооборудование транспортных и транспортно–технологических машин и оборудования"; по специальности 23.05.01 Наземные транспортно–технологические средства при изучении дисциплин "Электрооборудование автомобилей и тракторов" и "Электротехника и электрооборудование автомобилей"

Содержание

Введение

Лабораторные работы по электрооборудованию автомобилей выполняются в специализированной лаборатории в соответствии с учебным планом дисциплины "Электротехника и электрооборудование транспортных и транспортно–технологических машин и оборудования".
Лабораторная работа "Оценка технического состояния автомобильных генераторов" содержит порядок проведения оценки работоспособности автомобильного генератора в режимах холостого хода и частичной нагрузки, а также оценки работоспособности регулятора напряжения. Указаны сведения о принципе действия и конструктивных отличиях синхронных вентильных генераторов. Рассмотрено устройство основных компонентов автомобильных генераторов: статора, ротора, щёткодержателя, выпрямительного блока и т. д. Представлены электрические схемы генераторных установок и принцип их функционирования. Описан порядок работы бесконтактного регулятора напряжения. Освещены вопросы эксплуатации и технического обслуживания автомобильных генераторов.
Контрольные вопросы позволяют оценить, как степень подготовленности студентов к проведению лабораторной работы, так и общий уровень знаний по данному разделу курса. Использование бланков, приведенных в приложении, позволяет снизить время на подготовку и оформление отчета по лабораторной работе.

1. Цель работы

1. Приобрести практические навыки оценки технического состояния автомобильных генераторов.
2. Научиться исследовать скоростные и токоскоростные характеристики автомобильных генераторов.
3. На основании анализа полученных данных сделать вывод о пригодности автомобильного генератора к дальнейшей эксплуатации.

2. Содержание работы.

Внешний осмотр генератора; проверка работы генератора в режиме холостого хода; построение скоростных характеристик генератора без регулятора напряжения; проверка работы генератора в режиме нагрузки; построение токоскоростной характеристики генератора; проверка работоспособности регулятора напряжения; построение скоростных характеристик генератора с регулятором напряжения; оценка технического состояния испытанного генератора; составление отчета.

3. Оборудование.

Испытываемый генератор, стартерная аккумуляторная батарея, специализированный испытательный стенд.

4. Краткие теоретические сведения.

Система электроснабжения – это совокупность оборудования, обеспечивающего производство электроэнергии необходимого качества, распределение и передачу ее потребителям. В систему электроснабжения входят: источники электроэнергии (генератор, АКБ, топливные элементы), регулирующие устройства, элементы контроля и защиты от возможных аварийных режимов. Генератор требуется автомобилю для заряда аккумуляторной батареи и запитывания электрооборудования, такого как система зажигания и впрыска топлива, ЭБУ, освещение и другое.

Для заряда аккумуляторной батареи генератору необходимо выдавать больший ток, чем требуется включенному электрооборудованию. Мощность генератора, емкость аккумуляторной батареи и потребляемая мощность электрооборудования должны соответствовать друг другу, чтобы при любых условиях эксплуатации в бортовую сеть поступал достаточный ток, и аккумуляторная батарея всегда достаточно заряжалась, то есть чтобы поддерживался положительный зарядный баланс.
Поскольку аккумуляторная батарея и многие элементы электрооборудования должны получать постоянный ток, вырабатываемый генератором переменный ток выпрямляется. Генератор оснащается регулятором напряжения, позволяющим подавать на аккумуляторную батарею и электрооборудование постоянное напряжение. Генераторы в легковых автомобилях рассчитаны на зарядное напряжение 14 *в*, во многих грузовых автомобилях – на 28 *в*.

Генераторная установка должна удовлетворять следующим требованиям:
1. Создавать достаточную для всех потребителей силу тока;
2. Обеспечивать резерв по мощности для заряда аккумуляторной батареи даже при постоянно включенной нагрузке от непрерывно эксплуатируемых устройств;
3. Вырабатывать энергию на холостых оборотах коленчатого вала;
4. Поддерживать постоянное напряжение бортовой сети в полном диапазоне частоты вращения и нагрузки;
5. Иметь низкий уровень шума, высокий *кпд*, эффективное соотношение между мощностью и массой;
6. Обладать надежной конструкцией, способной выдерживать внешние нагрузки (вибрацию, высокую окружающую температуру, перепады температуры, грязь, влагу);
7. Не нуждаться в техническом обслуживании;
8. Позволять диагностировать свое техническое состояние.

4. 1. Принцип действия автомобильных генераторов.

В основе работы генератора лежит эффект электромагнитной индукции. Если катушку, например из медного провода, пронизывает магнитный поток, то при его изменении на выводах катушки появляется переменное электрическое напряжение. И наоборот, для образования магнитного потока достаточно пропустить через катушку электрический ток. Таким образом, для получения переменного электрического тока требуются катушка, по которой протекает постоянный электрический ток, образуя магнитный поток, называемая обмоткой возбуждения и стальная полюсная система, назначение которой – подвести магнитный поток к катушкам, называемым обмоткой статора, в которых наводится переменное напряжение.
Эти катушки помещены в пазы стальной конструкции, магнитопровода (пакета железа) статора. Обмотка статора с его магнитопроводом образует собственно статор генератора, его важнейшую неподвижную часть, в которой образуется электрический ток, а обмотка возбуждения с полюсной системой и некоторыми другими деталями (валом, контактными кольцами) – ротор, его важнейшую вращающуюся часть.
Существует три принципиально отличающихся конструкции синхронных генераторов переменного тока: простейший бесконтактный, с контактными кольцами и индукторный.
Принцип действия простейшего генератора заключается в следующем:
а) вращение постоянного магнита создает переменное магнитное поле;
б) при пересечении этим полем витков обмотки статора в них наводится переменная *эдс*;
в) переменная *эдс* выпрямляется и поступает к потребителям.
Недостатком такого генератора является то, что величина *эдс* прямо пропорциональна частоте вращения ротора и регулировке не подлежит.

В генераторах с контактными кольцами подобный недостаток устранен за счет размещения на роторе не постоянного магнита, а электромагнита, силу тока в обмотке которого можно регулировать, тем самым изменяя величину *эдс*. Принципиальное отличие индукторных генераторов заключается в том, что обмотка возбуждения размещена не на роторе, а является частью статора.

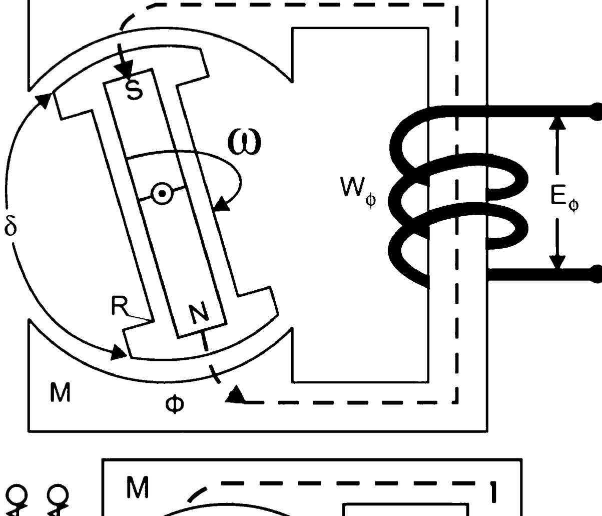


Рисунок 4. 1.
Простейший генератор.

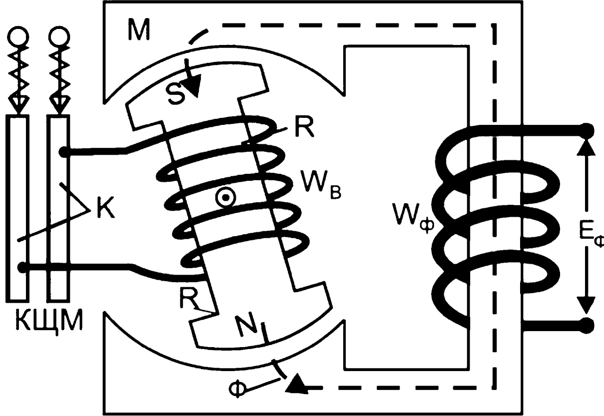


Рисунок 4. 2.
Генератор с контактными кольцами.

Рисунок 4. 3.
Индукторный генератор.

4. 2. Конструктивные исполнения генераторов.
Генераторы классической конструкции.

Классическая конструкция автомобильного генератора характеризуется большим внешним вентилятором, обеспечивающим однопоточную осевую вентиляцию (рис. 4. 4).

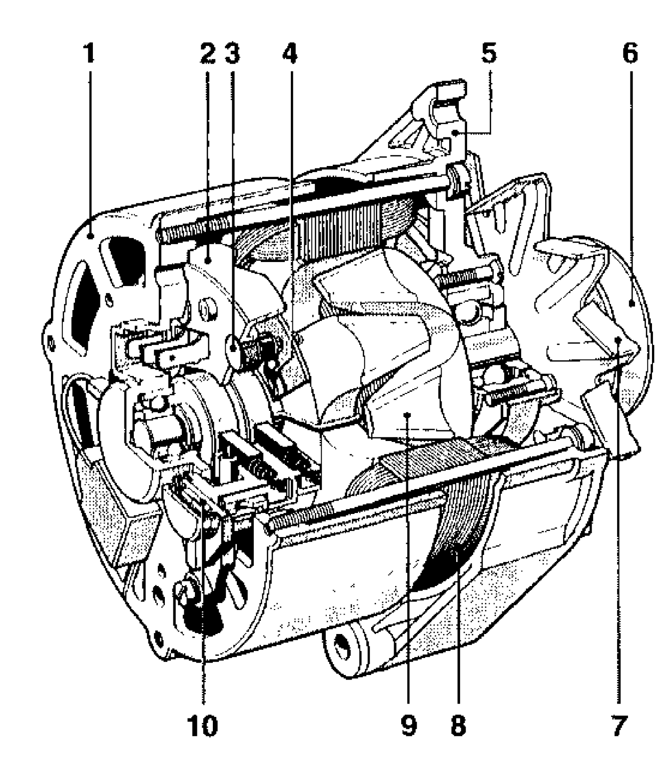


Рисунок 4. 4. Конструкция генератора классической компоновки.
1 – торцевой щит;
2 – радиатор выпрямителя;
3 – силовой диод; 4 – диод выпрямителя;
5 – щит со стороны привода с монтажными фланцами; 6 – ременной шкив;
7 – внешний вентилятор; 8 – статор;
9 – ротор с клювообразными полюсами;
10 – регулятор напряжения.

Поскольку выпрямитель, регулятор и система щеток и коллекторных колец располагаются внутри торцевого щита, то вал внутри коллекторных колец должен быть относительно толстым, чтобы передавать силы ременного 11 привода на внешний шарикоподшипник. Поэтому коллекторные кольца имеют больший диаметр, ограничивающий срок службы щеток.

Компактные генераторы.

Генераторы современных легковых автомобилей охлаждаются двухпоточной вентиляцией, обеспечиваемой двумя внутренними вентиляторами. Охлаждающий поток направляется из окружающего воздуха вдоль оси и выходит из генератора радиально вблизи лобовых частей статорных обмоток через щели в подшипниковых щитках со стороны привода и со стороны контактных колец.

На рисунке 4. 5. показано устройство генератора в разрезе, на котором цифрами обозначены: 1 – шкив генератора, 2 – гайка шкива, 3 – передний подшипник, 4 – крыльчатка, 5 – передняя крышка, 6 – статор, 7 – обмотка статора, 8 – стяжные болты, 9 – задняя крышка, 10 – защитный кожух, 11 – выпрямительный блок, 12 – диод выпрямителя, 13 – задний подшипник, 14 – контактные кольца, 15 – щетки, 16 – регулятор напряжения, 17 – пружина щеткодержателя, 18 – щеткодержатель, 19 – помехоподавительный конденсатор, 20 – ротор, 21 – стальная втулка, 22 – обмотка ротора, 23 – вал ротора.

Основные преимущества генератора компактной конструкции:

– высокая степень использования благодаря высокой максимальной частоты вращения;
– низкие аэродинамические шумы благодаря небольшому диаметру вентиляторов;
– низкий уровень магнитного шума;
– большой срок службы щеток из–за меньшего размера диаметра контактных колец.

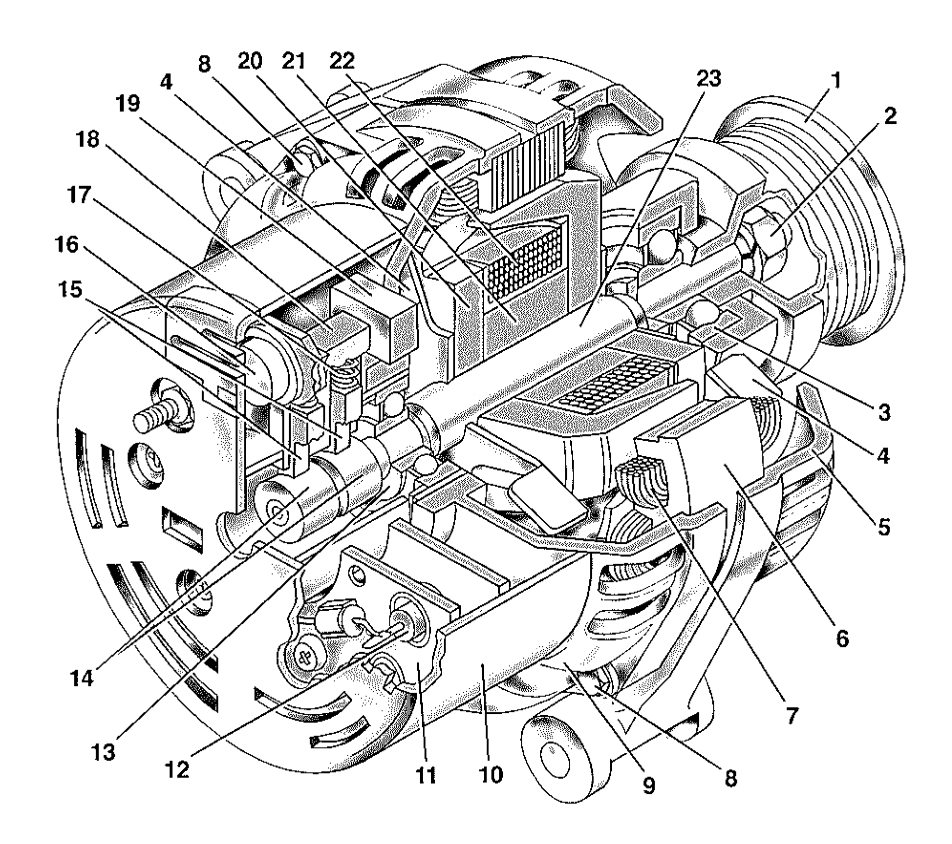


Рисунок 4. 5. Конструкция генератора компактной конструкции.

4. 3. Устройство элементов автомобильного генератора. Статор генератора.

Статор генератора набирается из стальных листов толщиной 0,8 – 1,0 *мм*. и имеет 36 или 72 паза, в которые укладывается обмотка статора, выполненная из эмалированного медного провода сечением 1,5 – 2,5 *мм*. Пазы изолированы пленочной изоляцией или напылением эпоксидного компаунда. Обмотка закрепляется в пазу клином из изоляционного материала. Обязательной является пропитка статора лаком после укладки обмотки. Как правило, обмотка статора выполняется трехфазной, причем соединение фаз между собой может образовывать треугольник или звезду (рисунок 4. 7). В соединении фаз звездой все обмотки одним выводом соединены в средней точке. Такое соединение обладает хорошими выходными характеристиками при низких оборотах автомобильного двигателя. Соединение фаз треугольником выполнено по схеме "конец–в–конец", то есть конец одной обмотки соединен с началом другой. Это соединение имеет высокие нагрузочные характеристики.

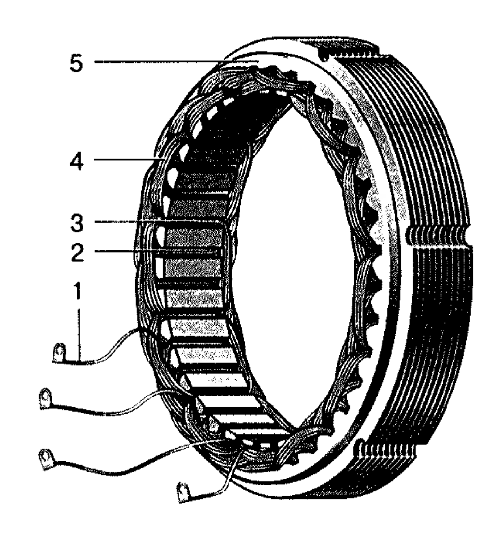


Рисунок 4. 6. Конструкция статора в сборе.
1 – вывод фазы обмотки статора,
2 – пазовая часть обмотки статора,
3 – пазовый клин, 4 – лобовая часть
обмотки статора 5 – пакет пластин статора.

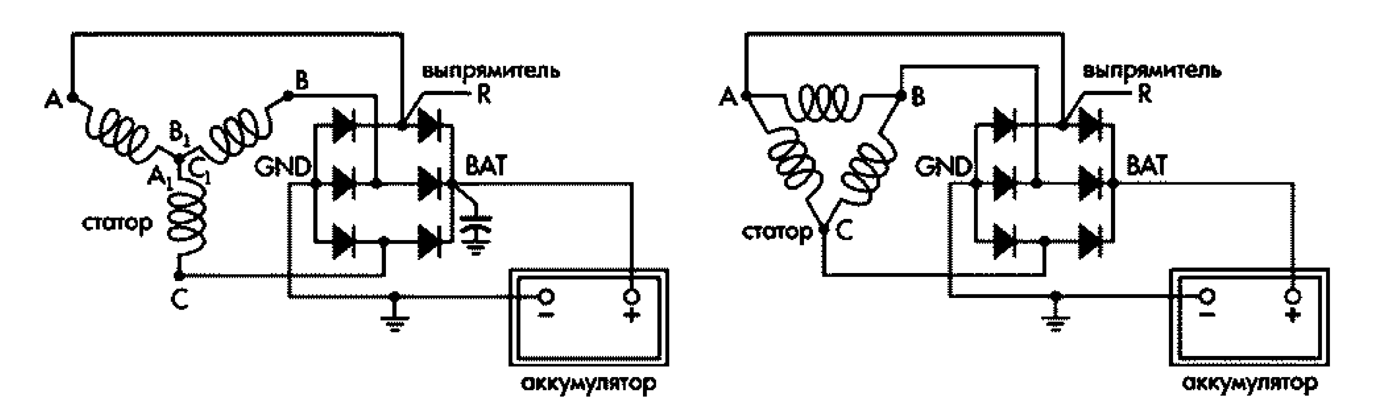


Рисунок 4. 7. Соединение фаз обмотки статора (слева – звезда, справа – треугольник)

Ротор генератора.

Клювообразный ротор состоит из двух полюсных половин, клювы которых образуют у одной половины северную, а у другой – южную системы полюсов При сборке южные полюса располагаются между северными, а обмотка возбуждения, надетая на стальную втулку, оказывается зажатой между полюсными половинами, образуя неразборную конструкцию.

Рисунок 4. 8.
Образование магнитного потока.

При сборке южные полюса располагаются между северными, а обмотка возбуждения, надетая на стальную втулку, оказывается зажатой между полюсными половинами, образуя неразборную конструкцию. Клювообразное исполнение позволяет с помощью одной катушки получить многополюсную систему. Генераторы оборудуют цилиндрическими контактными кольцами, выполненными из меди, латуни, нержавеющей стали, к которым припаяны (приварены) концы обмотки возбуждения. Вал ротора изготавливается из легированной или мягкой автоматной стали, конец со стороны контактных колец цементируется и закаливается. Для крепления шкива, на конце вала, имеется углубление под шестигранный ключ.

Выпрямительный блок.

Диодный выпрямительный блок на трех параллельных полумостах на шести полупроводниковых диодах (по схеме советского ученого–электротехника Ларионова Андрея Николаевича) преобразует переменный трехфазный ток статора в постоянный ток (вернее, в однонаправленный пульсирующий) на выходе генераторной установки. Выпрямительные диоды генератора играют роль одностороннего вентиля (отсюда название – вентильный генератор), пропускающего ток только в одном направлении, тем самым блокируя протекание электрического тока из бортовой сети автомобиля к обмоткам статора.

Выпрямительный блок представляет собой две металлические пластины–теплоотвода, в которые запрессовывают диоды таблеточного типа разной полярности (по три в каждую). Три малых диода выполняют вспомогательную функцию.

Щеткодержатель.

Щеточный узел – это пластмассовая конструкция, в которой размещаются щетки, то есть скользящие контакты. В автомобильных генераторах применяются щетки двух типов – меднографитные и электрографитные. Последние имеют повышенное падение напряжения в контакте с кольцом по сравнению с меднографитными, что неблагоприятно сказывается на выходных характеристиках генератора, однако они обеспечивают значительно меньший износ контактных колец. Щетки прижимаются к кольцам усилием пружин.

Обычно щетки устанавливаются по радиусу контактных колец, но встречаются и так называемые реактивные щеткодержатели, где ось щеток образует угол с радиусом кольца в месте контакта щетки. Это уменьшает трение щетки в направляющих щеткодержателя и тем обеспечивается более надежный контакт щетки с кольцом. Часто щеткодержатель и регулятор напряжения образуют неразборный единый узел.

Подшипниковые узлы.

Подшипниковые узлы генераторов – это как правило, радиальные шариковые подшипники с одноразовой закладкой пластичной смазки на весь срок службы и одно или двухсторонними уплотнениями, встроенными в подшипник. Посадка шариковых подшипников на вал со стороны контактных колец обычно плотная, со стороны привода – скользящая, в посадочное место крышки наоборот – со стороны контактных колеи – скользящая, со стороны привода – плотная.

Так как наружная обойма подшипника со стороны контактных колец имеет возможность проворачиваться в посадочном месте крышки, то подшипник и крышка могут вскоре выйти из строя, возникнет задевание ротора за статор. Для предотвращения проворачивания подшипника в посадочное место крышки помещают различные устройства – резиновые кольца, пластмассовые стаканчики, гофрированные стальные пружины и т. п.

Привод генератора.

Привод генератора осуществляется клиновым (поликлиновым) ремнём через шкив, установленный на валу ротора. Качество обеспечения питанием потребителей электроэнергии, в том числе, зарядка аккумуляторной батареи зависит от передаточного числа ременной передачи, равного отношению диаметров ручьев приводного шкива генератора к шкиву коленчатого вала. Для повышения качества питания электропотребителей это число должно быть как можно больше, так как при этом частота вращения генератора повышается, и он способен отдать потребителям больший ток. Однако при слишком больших передаточных числах происходит ускоренный износ приводного ремня, поэтому передаточные числа передачи двигатель–генератор для клиновых ремней лежат в пределах 1,8 – 2,5, для поликлиновых до 3.

4. 4. Электрические схемы генераторных установок.

Электрическая схема генератора представляет собой последовательное/параллельное соединение его элементов с указанием обозначения выводов. На рисунке 4.9 приведена схема генератора при соединении фаз статора звездой.

Основными элементами электрической схемы являются: VD1 – VD6 – основной выпрямитель, предназначенный для преобразования переменного тока в ток одного направления; VD7 – VD8 – диоды повышения мощности, служащие для выпрямления третьей гармоники переменного напряжения, существующей в фазах статора при соединении обмоток звездой; VD9 – VD11 – дополнительный выпрямитель, препятствующий разряду аккумуляторной батареи при включенном зажигании и неработающем двигателе внутреннего сгорания.

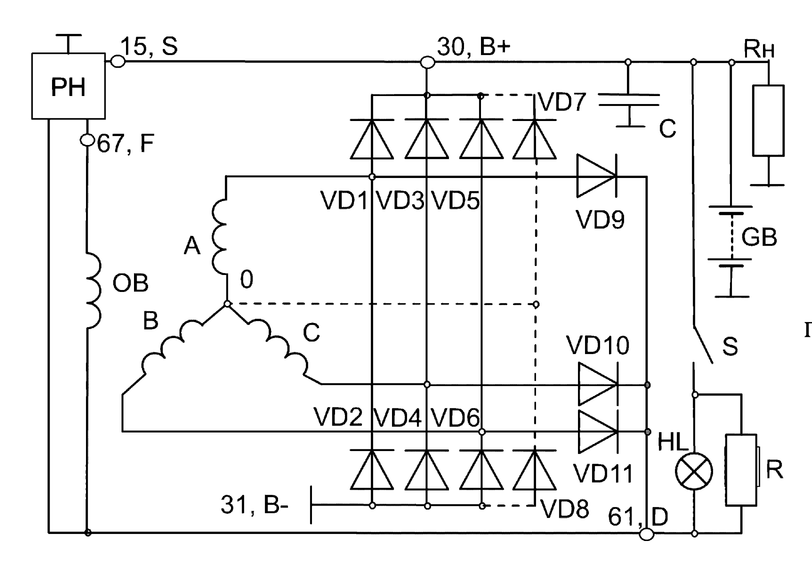


Рисунок 4. 9.
Электрическая схема генератора при соединении обмоток звездой.

Помимо диодов в электрическую схему также входят: С – помехоподавительный конденсатор, уменьшающий помехи работе электронных устройств автомобиля, возникающие при искрении щёток генератора; HL – контрольная лампа, выполняющая диагностические функции. При включении выключателя зажигания S ток от аккумуляторной батареи GB протекает через контрольную лампу через обмотку возбуждения генератора, обеспечивая его возбуждение. Лампа горит, свидетельствуя об исправности генератора. После запуска ДВС напряжение генератора возрастает (в том числе и на выводе D), при этом контрольная лампа гаснет, поскольку разность потенциалов на ее выводах становится близкой к нулю. Это означает, что генератор исправен и вырабатывает напряжение. Параллельно контрольной лампе включается резистор R, обеспечивающий возбуждение генератора при перегорании контрольной лампы.

4. 5. Основные параметры и характеристики генераторов.

Параметры генераторных установок:

1. Номинальное напряжение (14 *в* – легковые автомобили, грузовые автомобили и автобусы с бензиновыми двигателями, 28 *в* – грузовые автомобили и автобусы с дизельными двигателями).
2. Номинальная сила тока (70 – 120 *А* – грузовые автомобили, 80 – 150 *А* – легковые автомобили, 100 – 240 *А* – автобусы).
3. Начальная частота вращения (800 – 1200 *об. мин.*). Это частота вращения, при которой генератор начинает вырабатывать номинальное напряжение.
4. Мощность генератора (от 1000 до 4500 *вт*) получается путем умножения номинальной силы тока на номинальное напряжение.
5. Максимальная частота вращения (6000 *мин*$^{-1}$ – максимум мощности, 20000 *мин*$^{-1}$ – испытательная).
6. Регулируемое напряжение (13,6 – 14,8 *в*; 26 – 30 *в*). Напряжение, поддерживаемое в бортовой сети регулятором напряжения.
7. Коэффициент полезного действия (60% – генераторы традиционного исполнения, до 75% – генераторы компактного исполнения).

8. Коэффициент термокомпенсации (10±2 *мв*/°С) – показывает зависимость напряжения от температуры воздуха в подкапотном пространстве. Для обеспечения заряда аккумуляторной батареи в холодное время года напряжение генератора необходимо увеличить. В жаркое время температура в подкапотном пространстве может достигать 80°С и более, поэтому напряжение генератора следует снизить для исключения перезаряда аккумуляторной батареи и выкипания воды из электролита.

К основным характеристикам автомобильного генератора относят: внешние, скоростные регулировочные, токоскоростные и холостого хода.

Токоскоростная характеристика – это зависимость тока генератора *Iг, подаваемого на питание нагрузки, от частоты вращения n* ротора. Характеристика снимается при условии, что весь ток генератора идет на питание нагрузки и напряжение является постоянным (см. рисунок 4. 10.).

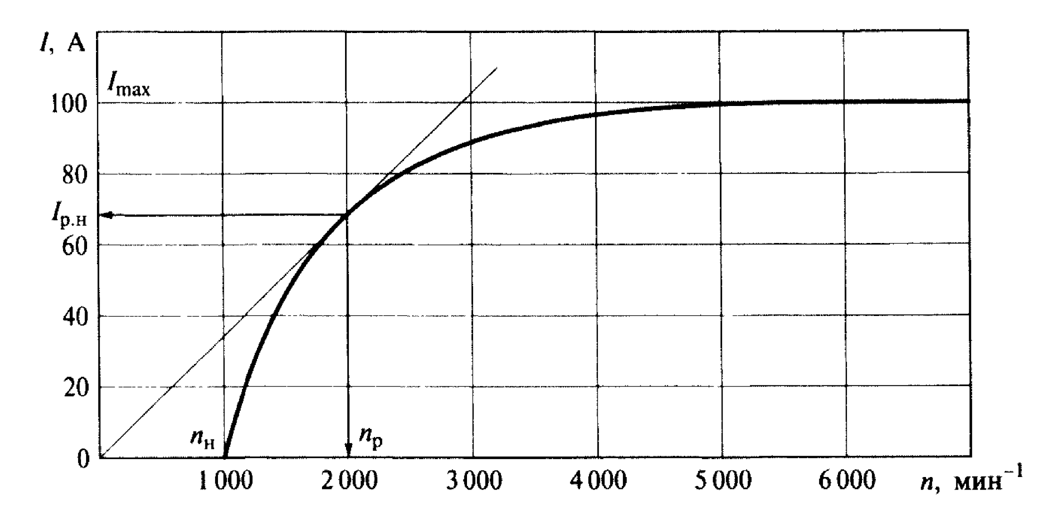


Рисунок 4. 10. Токоскоростная характеристика генератора.

4. 6. Принцип регулирования напряжения бортовой сети.

Регулятор напряжения поддерживает напряжение бортовой сети в заданных пределах во всех режимах работы при изменении частоты вращения ротора генератора, электрической нагрузки и температуры окружающей среды.

Все регуляторы напряжения работают по единому принципу:

а) чем выше частота вращения ротора и меньше нагрузка на генератор, тем выше напряжение генератора,

б) напряжение генератора прямо пропорционально силе тока возбуждения,

в) следовательно, изменяя силу тока возбуждения можно стабилизировать напряжение генератора в заданных пределах.

Измерительный элемент воспринимает напряжение генератора *Uг* и преобразует его в сигнал *Uизм*, который в элементе сравнения сопоставляется с эталонным значением *Uэт*. Если величина *Uизм* отличается от эталонной величины *Uэт*, на выходе элемента сравнения появляется сигнал *Uо*, который активизирует регулирующий элемент, изменяющий ток в обмотке возбуждения так, чтобы напряжение вернулось в заданные пределы.

В современных регуляторах постоянство напряжения генератора достигается за счет изменения времени включенного состояния обмотки возбуждения: при минимальных оборотах обмотка большую часть времени включена (восходящая часть кривой тока), на средних – время включенного и выключенного состояния совпадают и наконец, на больших оборотах большую часть времени обмотка возбуждения выключена, что и приводит к уменьшению среднего значения силы тока.

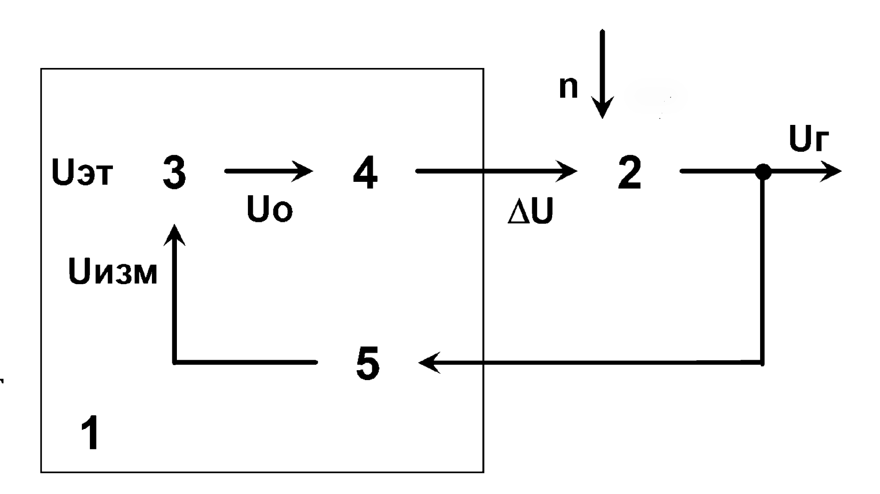


Рисунок 4. 11.
Блок схема регулятора напряжения.
1 – регулятор напряжения,
2 – генератор,
3 – элемент сравнения,
4 – регулирующий элемент,
5 – измерительный элемент

Принцип работы бесконтактных регуляторов напряжения.

Рассмотрим принцип работы простейшего бесконтактного регулятора напряжения. Реальные регуляторы отличаются лишь количеством элементов в электрической схеме. Прежде всего, необходимо объяснить принцип работы двух электронных приборов, являющихся ключевыми элементами любого регулятора напряжения: стабилитрон (англ. – диод Зенера) и биполярный транзистор. Стабилитроном называется разновидность диода, работающего в зоне электрического пробоя. До наступления пробоя через стабилитрон протекают незначительные токи утечки, а его сопротивление весьма высоко (стабилитрон закрыт).

При наступлении пробоя ток через стабилитрон резко возрастает, поскольку его сопротивление падает до величины, составляющей для различных приборов от долей *Ом* до сотен *Ом* (стабилитрон открывается). Величина напряжения пробоя подбирается таким образом, чтобы поддерживать напряжение в бортовой сети в заданных пределах.

Биполярный транзистор – полупроводниковый прибор с двумя взаимодействующими p–n–переходами и тремя или более выводами. Выводы транзистора получили названия: база, эмиттер и коллектор. Транзистор может работать в ключевом или усилительном режимах. Ключевой режим работы заключается в следующем: если напряжение между выводами база и эмиттер равно нулю, то транзистор обладает большим сопротивлением и ток в направлении эмиттер–коллектор не протекает (транзистор закрыт). Если же напряжение база–эмиттер больше нуля, то сопротивление транзистора резко падает, что приводит к появлению тока эмиттер–коллектор (транзистор открыт).

Рисунок 4. 12.
Протекание тока при *Uг ≤ Uг.ном.*

Порядок работы регулятора напряжения при *Uг ≤ Uг.ном* (см. рисунок 4. 12.).

Если напряжение генератора ниже или равно номинальному, то стабилитрон *VD1* закрыт, препятствуя протеканию тока через себя. Ток протекает в обход через резисторы *R1, R2 и Rб к транзистору VT2. Транзистор VT2* открывается, поскольку напряжение на выводах эмиттер–база больше нуля. Далее ток протекает через обмотку возбуждения генератора, что способствует увеличению напряжения.

Порядок работы регулятора напряжения при *Uг > Uг.ном* (см. рисунок 4. 13.).

Если напряжение генератора превышает номинальное, то стабилитрон *VD1 пробивается, пропуская ток в направлении стрелки. Транзистор VT1 открывается, а транзистор VT2* закрывается, поскольку напряжение на выводах эмиттер–база равно нулю. При этом ток через обмотку возбуждения не протекает, и напряжение генератора начинает снижаться. Диод *VDг* подключенный параллельно обмотке возбуждения образует гасящий контур, способствующий плавному снижению тока обмотки, так как резкое размыкание цепи приводит к появлению *эдс* самоиндукции, достигающей сотни вольт.

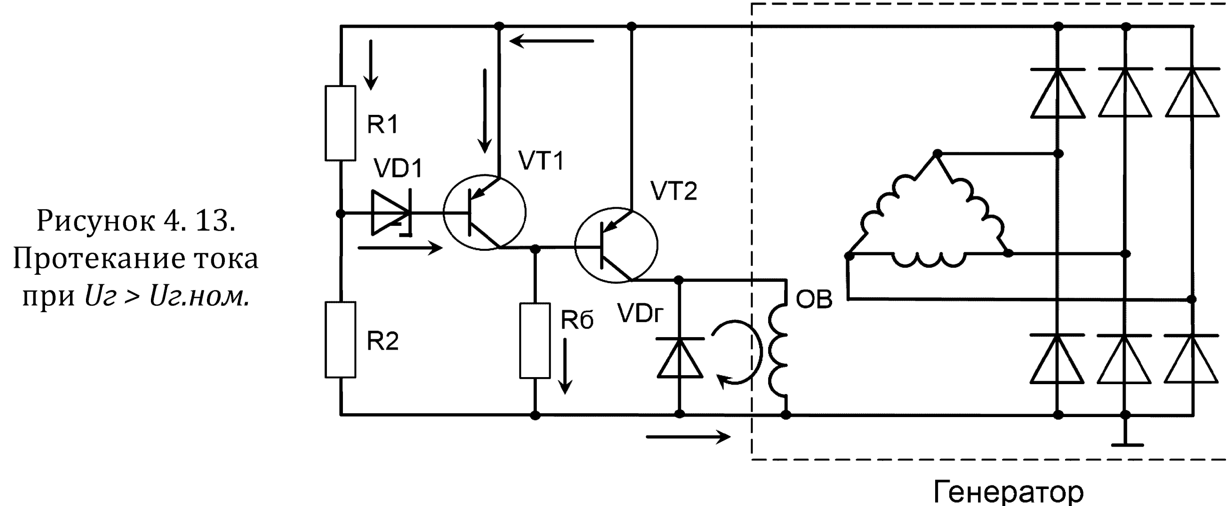


Рисунок 4. 13. Протекание тока при *Uг > Uг.ном.*

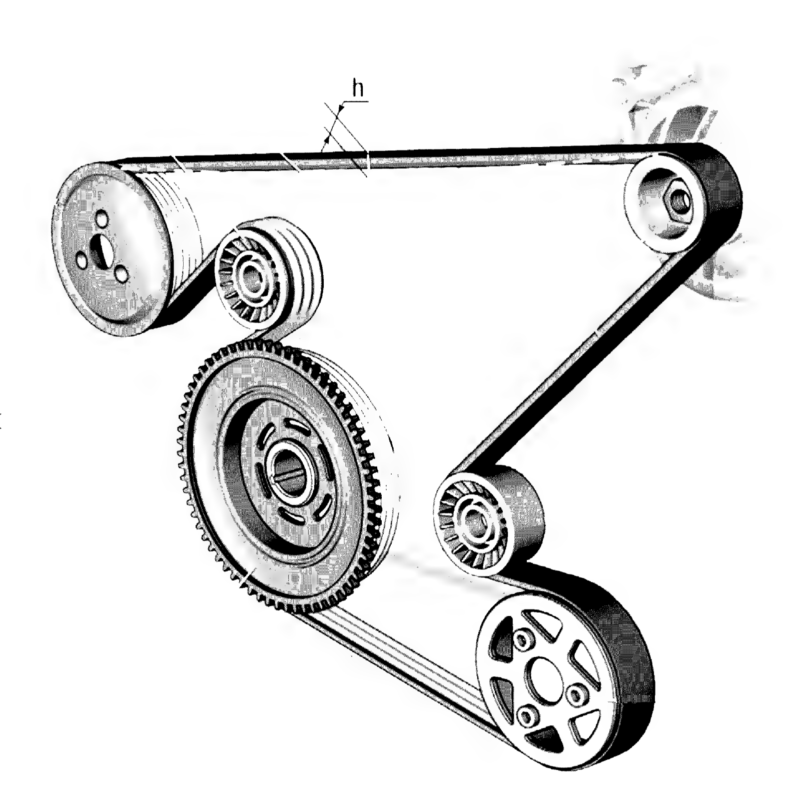
4. 7. Эксплуатация и техническое обслуживание генераторов.

Работы по проверке текущего технического состояния и обслуживанию генератора проводятся через 50 – 80 *тыс. км.* пробега, но не реже одного раза в два года. Прежде всего проверяется надежность крепления генератора к двигателю и натяжение приводного ремня. Недостаточно жесткое крепление генератора к двигателю приводит к излому натяжной рейки и других деталей крепления. Слабо натянутый ремень проскальзывает по шкиву, что способствует ускоренному износу ремня и шкива, а также снижению частоты вращения ротора генератора под нагрузкой и уменьшению напряжения на его выводах. Аккумуляторная батарея при этом недозаряжается.

Превышение усилия натяжения ремня приводит к перегрузке подшипников, их перегреву и выходу из строя. Правильность натяжения проверяется по прогибу ремня в средней части нажатием на него торцом динамометра (или пальцем) с усилием 30 – 100 *Н* (в зависимости от типа автомобиля).

Прогиб ремня *h* (см. рисунок 4. 14.) должен соответствовать требованиям инструкции по эксплуатации конкретного автомобиля (как правило, величина прогиба лежит в пределах 8 – 15 *мм.*).

Рисунок 4. 14.
Схема проверки натяжения ремня привода генератора.



Периодически целесообразно проверять нормальную работоспособность генераторной установки. Контрольная лампа на щитке приборов не фиксирует неисправность в системе электроснабжения в случае повышения выходного напряжения генератора. Поэтому бортовым вольтметром, а при его отсутствии вольтметром, подключенным к клеммам аккумуляторной батареи, необходимо замерить величину бортового напряжения, установив среднюю частоту вращения коленчатого вала двигателя (2600 – 3000 $мин^{-1}$) и включив дальний свет фар.
У исправно работающей генераторной установки напряжение должно находиться в пределах 13,5 – 14,8 *в*. Оно не должно повышаться при увеличении частоты вращения или снижаться при включении других потребителей, например, стеклоочистителя, более чем на ±0,1 *в*.
При каждом очередном снятии генератора с автомобиля (через 100 – 150 *тыс. км.* пробега) для профилактики необходимо провести осмотр щеток и контактных колец. Минимально допустимое выступание щеток из щеткодержателя указано в инструкции по эксплуатации автомобиля. Если выступание щеток менее 4 – 5 *мм.*, их следует заменить. Контактные кольца можно зачистить мелкозернистой наждачной бумагой. Если износ колец ротора более 0,5 *мм.* по диаметру, необходимо разобрать генератор и на роторе в сборе проточить кольца. Подшипники ротора закрытого типа и не требуют смазки в течение гарантийного срока службы генератора. При нормальном состоянии подшипников вращение вала от руки должно происходить плавно, без шума и заеданий.

5. Порядок выполнения работы.

Проверку работы автомобильного генератора осуществляют путем подключения его к испытательному стенду по схеме, представленной на рисунке 5. 1.

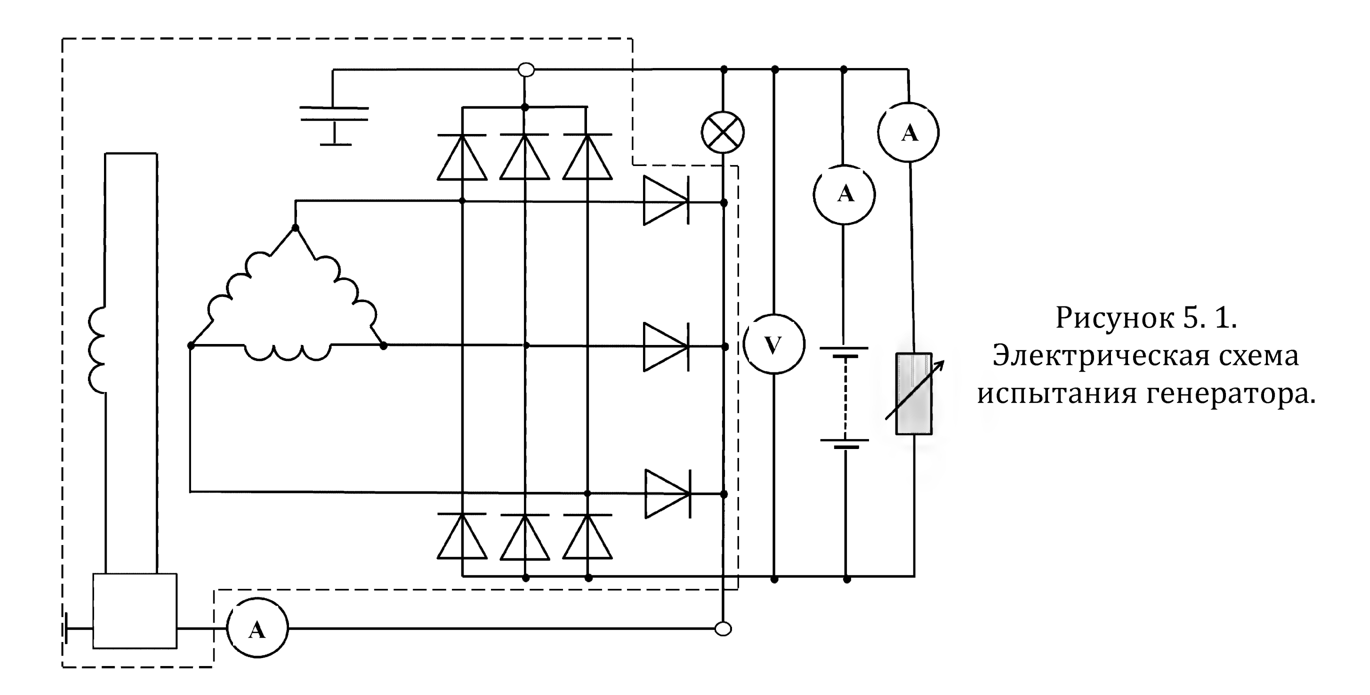


Рисунок 5. 1. Электрическая схема испытания генератора.

5. 1. Исследование скоростных характеристик генератора без регулятора напряжения.

Для проведения испытания генератора в режиме холостого хода рукоятку нагрузки устанавливают в крайнее левое положение, тумблеры ввода неисправностей – в нижнее, выключатель стенда и выключатель аккумуляторной батареи в нижнее положение.
Порядок проведения испытания следующий:

1. Включают питание стенда, при этом приводной двигатель начинает работать, обеспечивая вращение вала ротора испытываемого генератора.
2. Подключают аккумуляторную батарею, тем самым обеспечивая возбуждение генератора и выработку им электроэнергии.
3. Устанавливают начальную частоту вращения ротора генератора не менее 800 *мин*$^{-1}$, что обеспечит работу генератора при самовозбуждении и отключают аккумуляторную батарею. Записывают показания вольтметра, амперметра в цепи обмотки возбуждения и тахометра в таблицу по форме таблицы 5. 1.
4. Затем увеличивая частоту вращения ротора снимают еще несколько точек скоростной характеристики, занося показания приборов в таблицу 5. 1.
5. По данным таблицы 5. 1. строят скоростные характеристики генератора без регулятора напряжения, вид которых показан на рисунке 5. 2.

Таблица 5. 1. Скоростные характеристики генератора.

Параметры	Результаты измерений					
Частота вращения, *n*, *мин*–^{1}.						
Напряжение генератора, *Uг*, *в*.						
Ток возбуждения, *Iв*, *А*.						

На рисунке 5. 2. графически определяют частоту начала отдачи генератора. Для этого через номинальное напряжение генератора (*Uном* = 14 *в*) проводят горизонталь до пересечения с графиком зависимости напряжения от частоты вращения. Перпендикуляр, опущенный из точки пересечения и даст значение частоты начала отдачи, при которой генератор начинает вырабатывать номинальное напряжение.

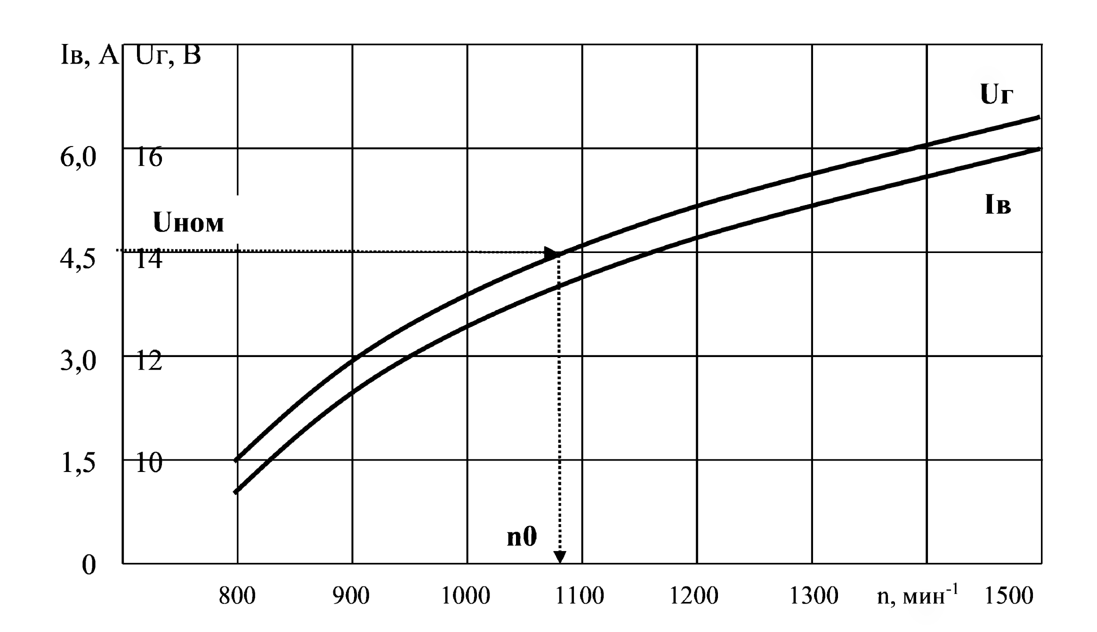


Рисунок 5. 2. Скоростные характеристики генератора без регулятора напряжения.

5. 2. Исследование скоростных характеристик генератора с регулятором напряжения.

При работе генератора с регулятором напряжения порядок выполнения эксперимента аналогичен изложенному в пункте 5. 1., однако внешний вид характеристик изменится, поскольку активация регулятора напряжения приведет к снижению силы тока в обмотке возбуждения с целью обеспечения постоянства выходного напряжения генератора. Внешний вид коростных характеристик генератора при работе с регулятором напряжения приведен на рисунке 5. 3. Частота вращения ротора генератора, при которой происходит уменьшение силы тока в обмотке возбуждения соответствует частоте срабатывания регулятора напряжения.

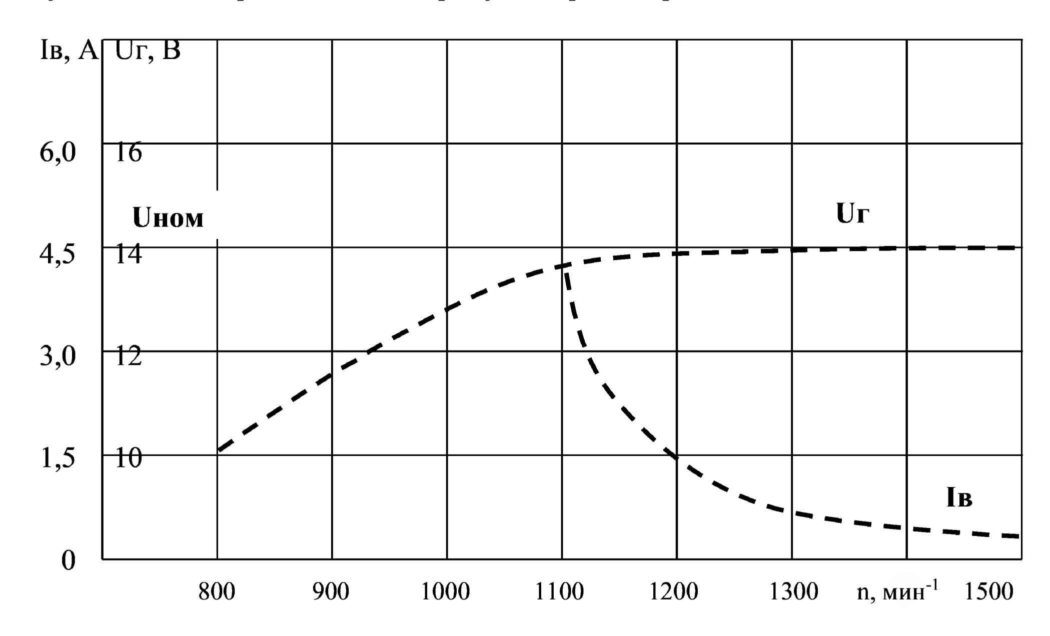


Рисунок 5. 3. Скоростные характеристики генератора с регулятором напряжения.

5. 3. Исследование токоскоростной характеристики генератора.

При проведении испытания генератора под нагрузкой подготовительные операции соответствуют режиму холостого хода. Отличия заключаются в следующем:

1. Данные режим проверки осуществляется при подключенной аккумуляторной батарее, следовательно, напряжение генератора не должно превышать 14 *в* для исключения выхода ее из строя.
2. Первой точкой характеристики является точка, при которой напряжение генератора составляет 14 *в*, а рукоятка нагрузки находится в крайнем левом положении. При этом показания приборов (тахометра, амперметров в цепи обмотки возбуждения и генератора) заносят в таблицу по форме таблицы 3.

Таблица 5. 2. Токоскоростная характеристика генератора *Uг* = 14 *в* = *const*.

Параметры	Результаты измерений					
Частота вращения, *n*, *мин*–1.						
Ток генератора, *Iг*, *А*.						
Ток возбуждения, *Iв*, *А*.						

3. Затем, последовательно устанавливая рукоятку нагрузки в следующие положения по часовой стрелке получают другие точки токоскоростной характеристики. Уменьшение показаний вольтметра компенсируют увеличением частоты вращения ротора генератора, добиваясь постоянства напряжения на уровне 14 *в*. Показания приборов также заносят в таблицу 5. 2.
4. По данным таблицы 5. 2 строят токоскоростную характеристику генератора, вид которой приведен на рисунке 5. 4. Следует учесть, что при отсутствии части точек характеристики ее необходимо продлить пунктирной линией, как показано на рисунке 5. 4. На рисунке 5.4 графически определяют частоту вращения, при которой генератор вырабатывает половину номинальной силы тока. Для этого через величину, соответствующую половине номинальной силы тока проводят горизонталь до пересечения с графиком зависимости силы тока генератора от частоты вращения. Перпендикуляр, опущенный из точки пересечения и даст значение частоты вращения, при которой генератор отдает половину номинальной силы тока, сохраняя номинальное значение выходного напряжения.

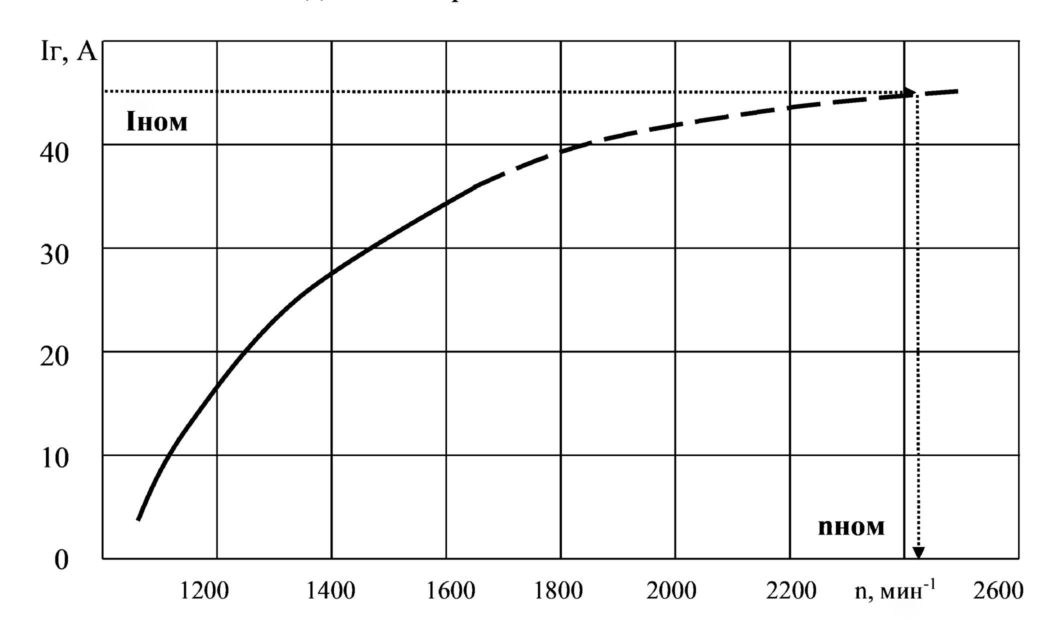


Рисунок 5. 4. Токоскоростная характеристика генератора.

5. 4. Оценка технического состояния автомобильного генератора.

Оценку технического состояния автомобильного генератора производят путем сравнения данных испытания с паспортными значениями.

Частота начала отдачи, полученная с помощью рисунка 5. 2. сравнивается с паспортным значением, которое должно быть больше или равно полученной экспериментально величине. Это говорит об исправности автомобильного генератора и необходимости дальнейшего испытания под нагрузкой.
Частота вращения, при которой генератор вырабатывает половину номинальной силы тока, полученная с помощью рисунка 5. 4. сравнивается с паспортным значением, которое должно быть больше или равно полученной экспериментально величине. Это говорит об исправности автомобильного генератора и пригодности его к дальнейшей эксплуатации на автомобиле.

6. Контрольные вопросы.

1. Объясните разницу между понятиями "генератор" и "генераторная установка".
2. Каково назначение генераторной установки на автомобиле?
3. Какие причины повлекли замену генераторов постоянного тока генераторами переменного тока?
4. Перечислите требования, предъявляемые к автомобильным генераторам.
5. Какие из требований, предъявляемых к генераторным установкам являются противоречивыми и почему?
6. Какие условия работы генераторных установок являются наиболее сложными?
7. Какой закон положен в основу работы генераторных установок?
8. В результате чего в обмотке наводится ЭДС?
9. В каких генераторах используется модуляция магнитного потока по направлению?
10. В каких генераторах используется модуляция магнитного потока по величине?
11. Может ли на практике использоваться модуляция магнитного потока и по величине, и по направлению?
12. Объясните принцип действия простейшего генератора.
13. Перечислите достоинства и недостатки простейшего генератора.
14. Что такое самовозбуждение генератора?
15. Как осуществить самовозбуждение генератора на автомобиле?
16. Опишите принцип действия генератора с контактными кольцами.
17. Перечислите достоинства и недостатки генератора с контактными кольцами.
18. Почему генераторы компактного исполнения вытесняют генераторы традиционного исполнения?
19. Сколько пазов имеет статор современных генераторов?
20. Как изолируют пазы статора?
21. Почему статор генератора набирают из пластин?
22. Перечислите основные отличия при соединении фаз статора "звездой" и "треугольником".
23. Для какой цели выводится средняя точка при соединении фаз "звездой".
24. В чем преимущество "клювообразной" конструкции ротора?
25. Из какого материала изготавливают контактные кольца?
26. Как устроен выпрямительный блок автомобильного генератора?
27. Что представляет собой щеткодержатель автомобильного генератора?
28. Как осуществляется привод генератора на автомобиле?
29. Чем ограничено передаточное отношение между шкивами коленчатого вала и генератора?
30. Какую роль выполняют диоды основного выпрямителя?
31. Какую роль выполняют диоды дополнительного выпрямителя?
32. Какую роль выполняют диоды повышения мощности?
33. Как устроены реактивные щеткодержатели?
34. Как обеспечивается защита от проворачивания подшипников генератора?
35. Какие подшипники чаще всего установлены в автомобильном генераторе?

36. Как обеспечивается необходимое натяжение ремня привода генератора?
37. Для чего в электрической схеме генератора предназначен конденсатор?
38. Какова диагностическая роль контрольной лампы?
39. Каково назначение резистора, соединенного параллельно с контрольной лампой?
40. Почему обмотка статора индуктивного генератора выполнена многофазной (5, 7 фаз и т. д.)?
41. Что такое третья гармоника напряжения и как её можно практически использовать?
42. Какую силу тока вырабатывают современные автомобильные генераторы?
43. Какую мощность имеют современные автомобильные генераторы?
44. Как Вы думаете, в чем причина необходимости перехода с напряжения бортовой сети 14 *в* на 42 *в*?
45. При какой частоте вращения генератор вырабатывает максимальную мощность?
46. Что называю частотой начала отдачи?
47. Что такое коэффициент термокомпенсации? Чему он равен?
48. Что называют токоскоростной характеристикой генератора? Изобразите ее.
49. В чём заключается свойство самоограничения генератора переменного тока?
50. Дайте определение регулятора напряжения.
51. На каком принципе основана работа регулятора напряжения?
52. Из каких элементов состоит регулятор напряжения?
53. Назначение элемента сравнения регулятора напряжения.
54. Назначение регулирующего элемента регулятора напряжения.
55. Назначение измерительного элемента регулятора напряжения.
56. Перечислите достоинства и недостатки современных бесконтактных регуляторов напряжения.
57. В каком случае биполярный транзистор пропускает ток?
58. В чем отличие стабилитрона от выпрямительных диодов?
59. Как протекает ток в бесконтактном регуляторе напряжения, если напряжение ≤14*в*?
60. Как протекает ток в бесконтактном регуляторе напряжения, если напряжение >14*в*?
61. Каково назначение гасящего контура?
62. Что произойдёт, если в схеме бесконтактного регулятора напряжения стабилитрон заменить диодом?
63. Почему не допускается работа генераторной установки с отключенной АКБ?
64. В чём заключается ЕО генераторной установки?
65. В чём заключается ТО–1 генераторной установки?
66. Какой прибор используется для проверки натяжения приводного ремня?
67. Как осуществляется проверка натяжения приводного ремня?
68. В чём заключается ТО–2 генераторной установки?
69. В каком случае щетки генератора подлежат замене?
70. Как проверяют состояние подшипников автомобильного генератора?
71. Как часто генератор снимают с двигателя для проверки?
72. Как оценить техническое состояние автомобильного генератора?
73. Как оценить техническое состояние регулятора напряжения?

Список использованных источников

1. Пузаков, А. В. Расчет элементов и систем электрооборудования автомобилей, методические указания, Оренбург, ОГУ, 2013.
2. Ютт В. Е. Электрооборудование автомобилей, учебник для вузов. Горячая линия–Телеком, 2009.
3. Чижков, Ю. П. Электрооборудование автомобилей и тракторов, учебник для вузов, Машиностроение, 2007.
4. Волков В. С. Электрооборудование транспортных и транспортно–технологических машин, учебник для студ. учреждений высш. проф. образования,2–е изд., перераб. и доп. Издательский центр "Академия", 2013.
5. Набоких В. А. Электрооборудование автомобилей и тракторов, учебник для студ. учреждений сред. проф. образования, 3–е изд., Издательский центр "Академия", 2013.
6. А. В. Акимов, С. В. Акимов, Л. П. Лейкин. Генераторы зарубежных автомобилей, 2–е изд., пер. и доп., ЗАО "КЖИ "За рулем", 2003.
7. ГОСТ Р 52230–2004 "Электрооборудование автотракторное. Общие технические условия".
8. Автомобильный справочник. Пер. с англ. ООО "СтарСПб", 3–е изд., перераб. и доп. ООО "Книжное издательство "За рулем", 2012.
9. Bosch Автомобильная электрика и электроника. Под редакцией Конрада Райфа. Перевод с нем. ЧМП РИА "GMM–пресс", "Издательство "За рулем", 2014.
10. Соснин Д. А. Электрическое, электронное и автотронное оборудование легковых автомобилей, учебник для вузов, 4–е изд., перераб. и доп. –М.: СОЛОН–ПРЕСС, 2015.
11. Пузаков, А. В., Федотов А. М. Оценка технического состояния системы электроснабжения автомобилей, Оренбургский гос. ун–т. – Оренбург: ОГУ, 2015.
12. Пузаков, А. В., Филатов М. И., Системы электроснабжения автомобилей, учебное пособие. Оренбург, 2018.

Приложение А *(рекомендуемое)*
Бланк лабораторной работы.
Оценка технического состояния автомобильных генераторов.

А. 1. Цель работы: ____
____
____
____
____
____

Модель генератора:________________________________

Модель регулятора напряжения:____________________

Модель аккумуляторной батареи:___________________

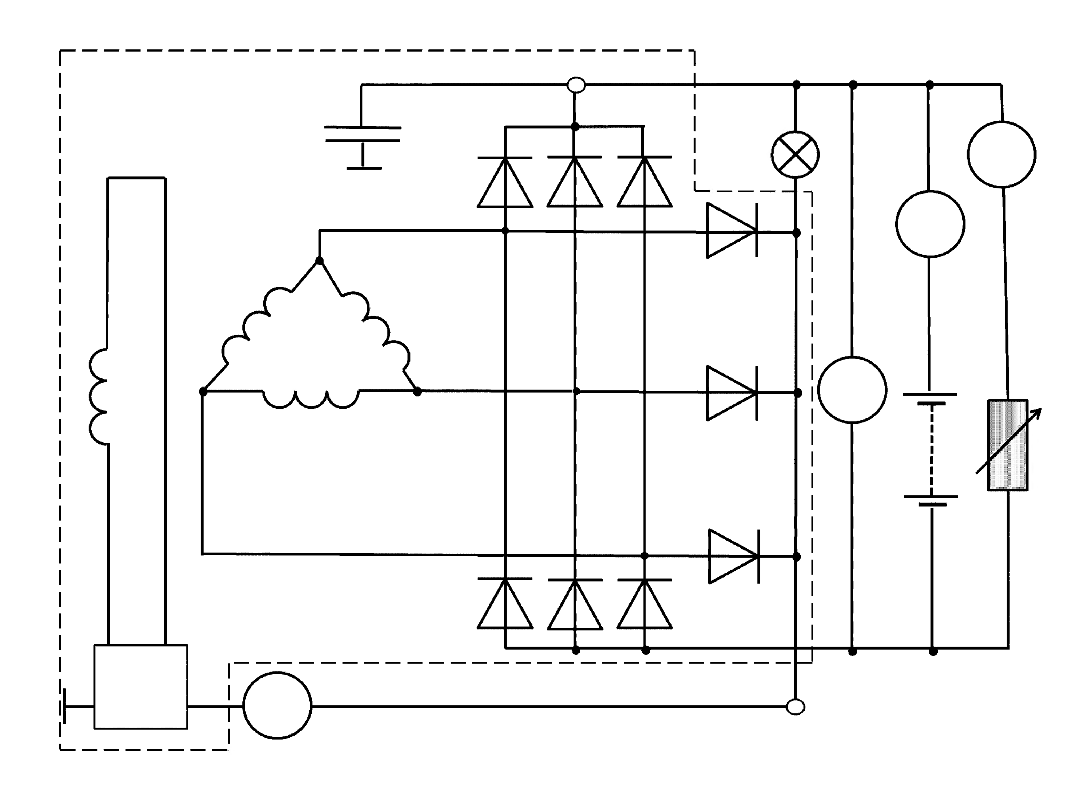


Рисунок А. 1. Схема испытания автомобильного генератора.

А. 2. Испытание генератора без регулятора напряжения.

Таблица А. 1.

Параметры	Результаты измерений					

Рисунок А. 2. Скоростные характеристики генератора.

А. 3. Испытание генератора под нагрузкой.

Таблица А. 2.

Параметры	Результаты измерений					

Рисунок А. 3. Токоскоростная характеристика генератора.

А. 4. Испытание генератора с регулятором напряжения

Таблица А. 3.

Параметры	Результаты измерений					

А. 5. Выводы и анализ полученных результатов: